

2020 年作成

船舶電気装備技術講座
(GMDSS)
基礎理論編

一般社団法人 日本船舶電装協会

は し が き

近年、電子素子及び電子部品の高度化、デジタル技術の発展等にもない、船舶に備えられる船舶用無線通信機器及び航海用レーダー等の電子機器は、高機能化が図られている。

これらの電子機器に用いられる電子回路、電子工学及び情報通信工学の基礎を始めとして、レーダーの基礎、人工衛星を利用した無線通信等について分かり易くまとめたのが本書である。

船舶用無線通信機器及び航海用レーダー等の装備・整備業務等に携わる者は、これらの技術の基礎をしっかりと学習され、より深く機器を理解することにより、個々の技能を高めたい。

なお、本書はボートレースの交付金による日本財団の助成金を受けて作成したものである。

基礎理論編

目次

| | |
|---|----|
| 第1章 電磁気学と電子工学の基礎 | 1 |
| 1.1 電気とはなにか | 1 |
| 1.1.1 電気の歴史と電気力線（電気力のクーロンの法則） | 1 |
| 1.1.2 波形と電圧（直流、交流、高周波、パルス波、実効値、波高値、平均値） | 2 |
| 1.1.3 周期と周波数 | 5 |
| 1.1.4 電気（直流）回路 | 6 |
| 1.1.5 電気（交流）回路 | 7 |
| 1.1.6 電気（同調）回路（直列共振と並列共振） | 10 |
| 1.2 磁気とはなにか | 13 |
| 1.2.1 磁気の極性と磁力線 | 13 |
| 1.2.2 電流と磁界 | 14 |
| 1.2.3 磁気回路－変圧器（トランス） | 15 |
| 1.3 電子素子と電気部品 | 16 |
| 1.3.1 電子工学と電気工学の相違 | 16 |
| 1.3.2 電子軌道と帯電 | 16 |
| 1.3.3 半導体とデバイス | 18 |
| 1.3.4 ダイオード | 20 |
| 1.3.5 種々なダイオード | 21 |
| 1.3.6 トランジスタ素子 | 24 |
| 1.3.7 電界効果トランジスタ（FET） | 27 |
| 1.3.8 トランジスタ等価回路と名称 | 28 |
| 1.3.9 集積回路（IC） | 30 |
| 1.3.10 電子部品と電気部品 | 32 |
| 第1章 練習問題 | 36 |
| 第2章 電子回路と送信機・受信機の基礎 | 37 |
| 2.1 アナログ回路とデジタル回路の特色 | 37 |
| 2.2 アナログ電子回路 | 37 |
| 2.2.1 増幅回路 | 37 |
| 2.2.2 発振回路 | 39 |
| 2.2.3 変調回路と復調回路 | 40 |
| 2.2.4 送信機の構成 | 43 |
| 2.2.5 受信機の構成 | 44 |
| 2.3 デジタル回路 | 45 |
| 2.3.1 パルス変調とシフトキーイング変調 | 45 |
| 2.3.2 標本化と量子化 | 45 |
| 2.3.3 デジタル IC | 48 |
| 2.3.4 論理回路（ロジック回路） | 49 |

| | | |
|------------|----------------------|----|
| 2・3・5 | デジタル通信機の構成 | 50 |
| 2・4 | 電波の型式表示 | 51 |
| 第2章 | 練習問題 | 53 |
| 第3章 | 電波工学の基礎 | 54 |
| 3・1 | 電波とはなにか | 54 |
| 3・1・1 | 電波の発生 | 54 |
| 3・1・2 | 電波の波長と周波数 | 55 |
| 3・2 | 電波伝搬と電離層 | 56 |
| 3・3 | アンテナ | 58 |
| 3・3・1 | 電波の放射 | 58 |
| 3・3・2 | アンテナとアース (接地) | 59 |
| 3・3・3 | アンテナの共振 | 60 |
| 3・3・4 | アンテナ利得 | 62 |
| 3・3・5 | アンテナの延長と短縮 | 63 |
| 第3章 | 練習問題 | 65 |
| 第4章 | 情報通信工学の基礎 | 66 |
| 4・1 | 情報とはなにか | 66 |
| 4・1・1 | 情報量とビット | 66 |
| 4・1・2 | アナログ信号とデジタル信号 | 67 |
| 4・2 | 符号理論 | 67 |
| 4・2・1 | 符号の発生と検出 | 67 |
| 4・2・2 | 標本化と量子化 | 69 |
| 4・2・3 | 論理回路 | 69 |
| 4・3 | 誤りの検出方式 | 69 |
| 4・3・1 | パリティ符号 | 69 |
| 4・3・2 | 定比率符号 (定マーク符号) | 70 |
| 4・3・3 | FEC | 70 |
| 4・3・4 | ARQ | 70 |
| 4・4 | 誤りの訂正方式 | 70 |
| 4・4・1 | 符号の記号表示と演算 | 71 |
| 4・4・2 | 誤り訂正の原理 | 71 |
| 4・4・3 | ブロック符号ーハミング符号 | 72 |
| 4・4・4 | 畳み込み符号 | 74 |
| 4・5 | GMDSS に使用されている誤り訂正符号 | 75 |
| 4・5・1 | DSC に使用されている符号 | 75 |
| 4・5・2 | NBDP に使用されている符号 | 78 |
| 4・5・3 | 衛星 EPIRB に使用されている符号 | 79 |
| 4・6 | 通信ネットワーク | 80 |
| 4・6・1 | ネットワークの構成 | 80 |

| | | |
|------------|-----------------------|-----|
| 4・6・2 | LANと無線LAN | 82 |
| 4・7 | 雑音（ノイズ） | 85 |
| 4・7・1 | 雑音の分類と性質 | 85 |
| 4・7・2 | 信号対雑音比（S/N） | 85 |
| 4・7・3 | 雑音指数(NF) | 86 |
| 4・8 | 電磁両立性（EMC） | 87 |
| 4・8・1 | EMC とはなにか | 87 |
| 4・8・2 | EMC の測定法 | 89 |
| 第4章 | 練習問題 | 93 |
| 第5章 | 電気・電子・高周波計測の基礎 | 94 |
| 5・1 | 単位系 | 94 |
| 5・2 | デシベル（dB） | 96 |
| 5・3 | 測定値と誤差 | 98 |
| 5・3・1 | 誤差 | 98 |
| 5・3・2 | 有効数字 | 99 |
| 5・4 | 測定器と測定法 | 99 |
| 5・4・1 | 指示電気計器 | 99 |
| 5・4・2 | 電子メーター | 101 |
| 5・4・3 | 回路試験器（テスター）と電流分流器 | 102 |
| 5・4・4 | 交流計器の波形誤差 | 103 |
| 5・4・5 | 電圧計と倍率器 | 104 |
| 5・4・6 | デジタルボルトメーター | 105 |
| 5・4・7 | 抵抗測定（オームメーター） | 105 |
| 5・4・8 | 電力測定 | 107 |
| 5・4・9 | 波形測定 | 108 |
| 5・5 | 信号と高周波の測定 | 110 |
| 5・5・1 | 周波数の測定 | 110 |
| 5・5・2 | 周波数スペクトル | 112 |
| 5・5・3 | 信号と変調 | 114 |
| 5・5・4 | 送信機の測定 | 115 |
| 5・5・5 | 受信機の測定 | 119 |
| 5・5・6 | アンテナの測定 | 121 |
| 5・5・7 | 電界強度の測定 | 123 |
| 5・5・8 | 電磁両立性 EMC の測定 | 125 |
| 第5章 | 練習問題 | 130 |
| 第6章 | レーダーの基礎 | 131 |
| 6・1 | まえがき | 131 |
| 6・2 | レーダー（Radar）とPPI | 132 |
| 6・2・1 | レーダー（Radar）の原理 | 133 |

| | | |
|--------------|--------------------------|-----|
| 6・2・2 | PPI の原理 | 133 |
| 6・3 | レーダーの性能 | 134 |
| 6・3・1 | レーダーの最大探知距離 | 135 |
| 6・3・2 | レーダーの最小探知距離 | 140 |
| 6・3・3 | レーダーの距離分解能 | 141 |
| 6・3・4 | レーダーの方位分解能 | 142 |
| 6・3・5 | LCD 表示器化に関して | 143 |
| 6・3・6 | レーダー映像の鮮明度 | 144 |
| 6・4 | レーダーの機構 | 144 |
| 6・5 | レーダー操作スイッチとその機能 | 147 |
| 6・6 | SART による位置特定 (ホーミング) の基礎 | 149 |
| 6・6・1 | SART の動作原理 | 149 |
| 6・6・2 | SART 信号 | 151 |
| 6・6・3 | レーダー・トランスポンダ方程式 | 153 |
| 第 6 章 | 練習問題 | 155 |
| 第 7 章 | 人工衛星による測位の基礎 | 156 |
| 7・1 | 位置測定の原理 | 156 |
| 7・1・1 | 位置と位置の線 | 156 |
| 7・1・2 | 実測位置, 推測位置, 推定位置 | 157 |
| 7・1・3 | 現在位置と推測位置 | 159 |
| 7・2 | 人工衛星による位置測定 | 159 |
| 7・3 | GMDSS における人工衛星と測位の実際 | 165 |
| 7・3・1 | GMDSS に用いられる人工衛星の概要 | 165 |
| 7・3・2 | 人工衛星とその軌道 | 165 |
| 7・3・3 | 静止衛星 | 167 |
| 7・3・4 | 極軌道の低軌道衛星 | 169 |
| 第 7 章 | 練習問題 | 170 |
| 第 8 章 | GMDSS に用いられる通信の基礎 | 171 |
| 8・1 | GMDSS に用いられる通信の概要 | 171 |
| 8・2 | 移動体衛星通信 | 174 |
| 8・3 | インマルサット移動衛星通信システムの概要 | 175 |
| 8・4 | イリジウム移動衛星通信システムの概要 | 177 |
| 第 8 章 | 練習問題 | 180 |
| | 練習問題の解答 | 181 |
| | 参考文献 | 184 |